

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

Rec'd PCT/PTO

07 APR 2005

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
13. Mai 2004 (13.05.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/040065 A1(51) Internationale Patentklassifikation⁷: E01D 11/04,
F15B 11/17

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2003/003110

(22) Internationales Anmeldedatum:
18. September 2003 (18.09.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102 50 207.2 28. Oktober 2002 (28.10.2002) DE(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): BOSCH REXROTH AG [DE/DE]; Heidehofstrasse
31, 70184 Stuttgart (DE).

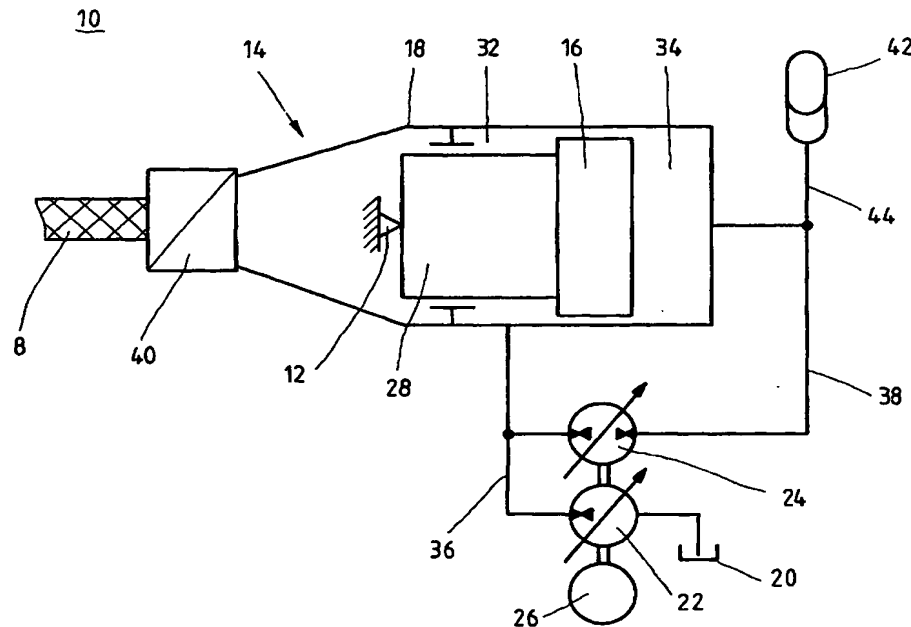
(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): FÖRSTERLING,
Heino [DE/DE]; Schönrainstrasse 4, 97816 Lohr (DE).
MANECKE, Peter [DE/DE]; Linderbachweg 45, 97833
Frammersbach (DE).(74) Anwalt: WINTER BRANDL FÜRNISS HÜBNER
RÖSS KAISER POLTE; Bavariaring 10, 80336 München
(DE).(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,
CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH,
GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC,
LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW,
MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE,
SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: DAMPING DEVICE

(54) Bezeichnung: DÄMPFUNGSVORRICHTUNG



(57) Abstract: Disclosed is a damping device, particularly for cable-supported structures such as cable-stayed bridges, stadium roofs, and guyed towers comprising a differential cylinder, two hydraulic machines (22, 24), and an electric motor (26). One hydraulic machine (24) acts as a motor while the second hydraulic machine (22) acts as a pump during the damping process, excess hydraulic power being convertible into electric power via the electric motor (26).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



(84) **Bestimmungsstaaten** (*regional*): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) **Zusammenfassung:** Offenbart ist eine Dämpfungsvorrichtung, insbesondere für seilgetragene Bauwerke wie z. B. Schrägseilbrücken, Stadionsdächer, abgespannte Türme mit einem Differentialzylinder, zwei Hydromaschinen (22, 24) und einem Elektromotor (26), bei der bei Dämpfung die eine Hydromaschine (24) als Motor und die zweite Hydromaschine (22) als Pumpe wirkt, wobei überschüssige hydraulische Energie über den Elektromotor (26) in elektrische Energie umwandelbar ist.

Beschreibung

Dämpfungsvorrichtung

- 5 Die Erfindung betrifft eine Dämpfungsvorrichtung insbesondere für seilgetragene Bauwerke wie z. B. Schrägseilbrücken, Stadiondächer, abgespannte Türme nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.
- 10 Dabei wird unter dem Begriff "Dämpfungsvorrichtung" eine hydraulische Linearachse für eine semiaktive bzw. aktive Dämpfung, bei der im wesentlichen nur Steuerenergie eingetragen wird, verstanden.
- 15 Schrägseilbrücken werden heutzutage für Stützweiten von etwa 150 m bis 600 m als wirtschaftlichste Lösung betrachtet. Jüngste Entwicklungen zeigen, dass auch Stützweiten von bis zu 1000 m möglich sind.
- 20 Die materialsparende schlanke Ausbildung großer Schrägseilbrücken ergibt zwar eine architektonisch ansprechende Konstruktion, die geringe Eigendämpfung führt aber zu extrem schwingungsanfälligen Bauwerken. Insbesondere durch Windanregung können Schwingungsamplituden
- 25 erreicht werden, die eine Sperrung für den Verkehr erforderlich machen. Die Beanspruchung der Bauwerksteile (Deck und Seile) ist enorm und die damit verbundenen Folgekosten sind beträchtlich.
- 30 Der Wirkung bekannter passiver Dämpfer auf die Deckschwingungen ist nicht zufriedenstellend. Aktive Dämpfungsrichtungen hingegen, speziell in den Endwiderlagern der Schrägseile vorgesehen, bewirken eine signifikante Reduzierung der Schwingungsamplitude. Die bekannten
- 35 Ausführungen weisen jedoch - neben dem Bedarf an elektrischer Stellenergie - einen erheblichen Energieverbrauch auf.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Dämpfungsvorrichtung zu schaffen, die bei minimalem Energiebedarf und verringerter Baugröße des Aktors ein verbessertes Ansprech- und somit Dämpfungsverhalten aufweist und den Einsatz kostengünstiger Sensorik erlaubt.

Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Dämpfungsvorrichtung mit den Merkmalen nach dem Patentanspruch 1.

10

Die erfindungsgemäße Dämpfungsvorrichtung weist einen Differentialzylinder, zwei Hydromaschinen mit verstellbaren Schwenkwinkeln, einen den Hydromaschinen zugeordneten Elektromotor, einen Hydrospeicher und einen Tank auf. Eine Hydromaschine ist im Druckmittelströmungspfad zwischen dem Tank und einem kolbenstangenseitigen Ringraum angeordnet und die zweite Hydromaschine ist im Druckmittelströmungspfad zwischen dem Ringraum und einem Zylinder-
raum des Differentialzylinders positioniert.

20

Anstelle der verstellbaren Hydro- bzw. Verdrängermaschinen können auch Verdrängermaschinen mit konstantem Schluckvolumen eingesetzt werden. Der für die gewünschte Zylinder-
geschwindigkeit erforderliche variable Volumenstrom wird dann mittels drehzahlvariablem Elektromotor erreicht.

Durch diese erfindungsgemäße Anordnung der Hydromaschinen stützen sich diese gegeneinander derart ab, dass im quasistatischen Zustand bei entsprechender Auslegung der Hydromaschinen (in Abhängigkeit der gewählten Druckverhältnisse) das verbleibende Drehmoment Null ist (Reibung und andere Verluste vernachlässigt) und somit der Elektromotor nahezu drehmomentenfrei die Drehzahl vorgibt. Dabei wirkt eine der Hydromaschinen als Motor

und treibt die zweite Hydromaschine, die als Pumpe wirkt, an.

Wird, infolge der Schwingungen, die Dämpfungsvorrichtung mit dynamischen Kräften beaufschlagt, wirkt an der motorisch arbeitenden Hydromaschine eine höhere Druckdifferenz, während die im Pumpenbetrieb befindliche Hydromaschine gegen eine geringere Druckdifferenz fördern muß. Dieser Energieüberschuß wird - sofern er die Reibungs- und sonstigen Verluste, die sich im Leistungsfluß ergeben, übersteigt - vom Elektromotor aufgenommen und kann ins elektrische Netz eingespeist werden.

Der Elektromotor ist grundsätzlich nur notwendig, um die Dämpfungsvorrichtung bei geringer Schwingungsanregung in Betrieb zu setzen, die Drehzahl vorzugeben, bzw. um die überschüssige Leistung als Strom nutzbar zu machen oder Reibungsverluste auszugleichen.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist der Differentialzylinder über seinen Kolben ortsfest an einem Endwiderlager einer Schrägseilbrücke gelagert, wobei sein Zylindermantel in Längsrichtung des Kolbens verschiebbar ist. An dem Zylindermantel ist ein Schrägseil der Schrägseilbrücke befestigt, so dass durch geeignete Ansteuerung des Differentialzylinders die in der Struktur wirkenden Schwingungen bzw. die dadurch im Schrägseil wirkenden dynamischen Kräfte durch eine Längsverschiebung des Zylindermantels - entsprechend Dämpfungsgesetz - gedämpft werden, womit unkontrollierte Spannungen innerhalb Struktur vermeidbar sind.

Die Längsverschiebung des Zylindermantels in Folge von äußeren Belastungen wird durch Verstellen der Schwenkwinkel der Hydromaschinen ermöglicht. Die Schwenkwinkel sind so einstellbar, dass die Geschwindigkeit, mit

der sich der Zylindermantel bewegt, proportional zu den äußeren Belastungen ist. D.h. große Belastung bedingt große Schwenkwinkel, so dass hohe Druckmittelvolumenströme realisierbar sind, während kleine Belastungen
5 kleine Schwenkwinkel bedingen, so dass geringe Druckmittelvolumenströme möglich sind.

Bei einer Ausführungsform ist der Zylindermantel des Differentialzylinders ortsfest gelagert und der Kolben
10 des Differentialzylinders axial verschiebbar geführt.

Bei einer anderen Ausführungsform erfolgt die Einstellung der Schwenkwinkel bzw. Fördervolumina in Abhängigkeit eines Drucksignals eines im Ringraum oder Zylinderraum angeordneten Druckaufnehmers.
15

Im statischen Zustand ($\text{Hub} = 0$) ist eine Vorspannung des Schrägseils über die im Ringraum und Zylinderraum herrschenden Drücke eingestellt. Idealerweise wird der
20 Druck im Zylinderraum, der die statische Seillast aufnimmt, auf den max. zulässigen Systemdruck ausgelegt. Im Ringraum des Differentialzylinders wird etwa halber Systemdruck angestrebt.

25 Eine weitere Ausführungsform sieht zur Messung und zur Anpassung des Hydrospeicherdrucks und der Hydropeicherladung an die jeweilige statische Last einen Druckaufnehmer im Zylinderraum und/oder im Bereich des Hydrospeichers vor.

30

Bei einer Ausführungsform ist der Hydrospeicher im Differentialzylinder integriert, so dass eine kompakte Bauweise realisiert ist.

35 Bei einer weiteren Ausführungsform ist der Ringraum des Differentialzylinders gegenüber der Umgebung und/oder

dem Zylinderraum über eine Spaltdichtung abgedichtet, die über einen Ringspalt zwischen kolbenseitigen und zylindermantelseitigen Flächen gebildet ist.

5 In einer bevorzugten Ausführungsform mündet der Ringspalt zur Abdichtung des Ringraums gegenüber der Außenumgebung in einen Leckanschluß, wobei jenseits des Leckanschlusses zumindest ein Dichtungselement zum Abdichten des Ringspaltes gegenüber der Atmosphäre vorgesehen ist.

10

Besonders vorteilhaft an einer derartigen erfindungsgemäßen Spaltdichtung ist, dass die Reibung auf ein Minimum reduziert ist und auf kostenintensive und störanfällige Hochdruckdichtungen verzichtet werden kann.

15

Sonstige vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind Gegenstand weiterer Unteransprüche.

20 Im Folgenden werden zwei bevorzugte Ausführungsformen anhand schematischer Darstellungen näher erläutert. Es zeigen

Figur 1 eine schematische Ansicht einer Schrägseilbrücke,

25 Figur 2 einen Längsschnitt durch eine erfindungsgemäße Ausbildungsform mit einem externen Hydrospeicher,

Figur 3 einen Längsschnitt durch eine erfindungsgemäße Ausbildungsform mit einem im Differentialzylinder integrierten Hydrospeicher und

30 Figur 4 einen Längsschnitt durch einen Differentialzylinder mit erfindungsgemäßen Spaltdichtungen.

Figur 1 zeigt eine Schrägseilbrücke 2 mit einer Fahrbahn 4, die über Hauptträger 6 abgestützt ist. Zur Reduzierung der auf die Hauptträger 6 wirkenden Belastungen ist die Fahrbahn 4 an Schrägseilen 8 aufgehängt, die über die Hauptträger 6 abgestützt sind. Die Schrägseile 8 sind

über Dämpfungsvorrichtungen 10 an Endwiderlagern 12 der Fahrbahn 4 gelagert, so dass Deckschwingungen gedämpft werden können.

5 Figur 2 zeigt einen Längsschnitt durch eine bevorzugte Ausführungsform einer Dämpfungsvorrichtung 10. Die Dämpfungsvorrichtung 10 hat einen Differentialzylinder 14, zwei Hydromaschinen 22, 24, einen Elektromotor 26, einen Hydrospeicher 42 und einen Tank 20.

10

Der Differentialzylinder 14 weist einen abgestuften Kolben 16 auf, der den durch den Zylindermantel 18 gebildeten Raum in zwei Druckräume - einen kolbenstangenseitigen Ringraum 32 und einen Zylinderraum 34 - unterteilt.

15

Der Kolben 16 des Differentialzylinders 14 ist über seinen radial zurückgestufte Teil 28 - im Folgenden Kolbenstange genannt - ortsfest an dem Endwiderlager 12 gelagert, so dass eine Hubbewegung über eine Längsverschiebung des Zylindermantels 18 erfolgt. Aufgrund der beidseitigen hydraulischen Einspannung des Kolbens 16, wird bei jeder Hubbewegung Druckmittel aus dem einen Druckraum 32, 34 verdrängt und in den anderen Druckraum 34, 32 nachgeführt, wobei fehlende bzw. überschüssige
20 Druckmittelvolumen durch den Tank 20 ausgleichbar sind.
25

Am Zylindermantel 18 greift das Schrägseil 8 an, so dass die Vorspannung des Schrägseils 8 über die im Ringraum 32 und Zylinderraum 34 herrschenden Drücke vorbe-
30 stimmt ist.

In kinematischer Umkehr ist jedoch auch vorstellbar, den Zylindermantel 18 ortsfest an dem Endwiderlager 12 zu lagern und die Kolbenstange 28 mit dem Schrägseil 8
35 zu verbinden.

Die erste Hydromaschine 22 ist in einer ersten Arbeitsleitung 36 zwischen dem niederdruckseitigen Tank 20 und dem hochdruckseitigen Ringraum 32 angeordnet, wobei sie in Verbindung mit dem Elektromotor 26 steht. Sie hat
5 ein einstellbares Fördervolumen und ist als Pumpe oder Motor nutzbar.

Die zweite Hydromaschine 24 ist in einer zweiten Arbeitsleitung 38 zwischen dem hochdruckseitigen Ringraum
10 32 und dem hochdruckseitigen Zylinderraum 34 angeordnet, wobei die zweite Arbeitsleitung 38 vorzugsweise in die erste Arbeitsleitung 36 mündet. Entsprechend der ersten Hydromaschine 22 hat auch die zweite Hydromaschine 24 ein
15 einstellbares Fördervolumen, steht ferner mit dem Elektromotor 26 in Verbindung und ist als Pumpe oder Motor nutzbar.

Beide Hydro- bzw. Verdrängermaschinen 22, 24 fördern während der Schwingungsdämpfung in zwei Richtungen, wobei
20 die erste Hydromaschine 22 nur auf einer Seite hochdruckfest ist, d.h. ringraumseitig, und an der anderen Seite Niederdruck anliegt, d.h. tankseitig, während die zweite Hydromaschine 24 auf beiden Seiten hochdruckfest, d.h. ringraumseitig und zylinderraumseitig, sein muß und sich
25 auch die Richtung der Druckdifferenz entsprechend einem 4-Quadrantenbetrieb umkehren kann.

Die Fördervolumina der Hydromaschinen 22, 24 sind in Abhängigkeit vom Signal einer Kraftmessdose 40 einstell-
30 bar. Die Kraftmessdose 40 ist im Bereich der Verbindung Schrägseil 8 - Zylindermantel 18 angeordnet und einem Regelkreis der Hydromaschinen 22, 24 zugeordnet. Sie erfaßt die auf das Schrägseil 8 wirkenden Belastungen und leitet die dabei erfaßten Zugspannungen bzw. Zugkräfte an
35 den Regelkreis weiter, so dass dieser in Abhängigkeit von

diesen äußeren Belastungen die Schwenkwinkel der Hydromaschinen 22, 24 einstellt.

5 Eine andere Ausführungsform sieht vor, anstelle der kostenintensiven Kraftmessung den im Ringraum 32 oder Zylinderraum 34 herrschenden Druck als Rückführungsgröße des Regelkreises zu verwenden. Dies kann beispielsweise über einen im Ringraum 32 oder Zylinderraum 34 angeordneten Druckaufnehmer (nicht dargestellt) erfolgen.

10

Des Weiteren ist ein Hydrospeicher 42 vorgesehen, der mittels einer dritten Arbeitsleitung 44 mit der zweiten Arbeitsleitung 38 und dem Zylinderraum 34 verbunden ist, so dass der Druck im Zylinderraum 34 weitgehend unabhängig vom Zylinderhub wird und stets etwa der voreingestellte Druck herrscht.

Die Speicherladung und die Regelung des Speicherdruckes des Hydrospeichers 42 kann vorteilhaft durch gegenseitiges Vertrimmen der Fördervolumina der Hydromaschinen 22, 24 erreicht werden. Hierzu ist ein Druckaufnehmer bzw. Druckmessumformer vorgesehen, der vorzugsweise im Hydrospeicheranschluß bzw. in der Arbeitsleitung 38 oder im Zylinderraum 34 angeordnet ist.

25

Der Elektromotor 26 steht mit den beiden Hydromaschinen 22, 24 in Wirkverbindung, wobei er sowohl als Antrieb für die Hydromaschinen 22, 24 nutzbar, als auch in Form eines Generators durch die Hydromaschinen 22, 24 antreibbar ist und somit als Bremse wirkt. Beispielsweise können über das Antreiben der Hydromaschinen 22, 24 die voreingestellten Drücke in den Druckräumen 32, 34 eingestellt und der Hydrospeicher 42 aufgeladen werden. Es kann jedoch auch im Betrieb bei Dämpfung die von der ersten Hydromaschine 22 oder der zweiten Hydromaschine 24 erzeugte hydraulische Energie durch die Schaltung des

35

Elektromotors 26 als Generator in elektrische Energie umgewandelt werden.

Die Wirkungsweise dieser vorbeschriebenen erfindungs-
5 gemäßen Anordnung ist im Folgenden näher erläutert:

Im quasi statischen Zustand ($\text{Hub} = 0$) befindet sich die Dämpfungsvorrichtung 10 im Gleichgewicht bzw. in Ruheposition. Dabei ist vorzugsweise im Zylinderraum 34
10 ein doppelt so hoher Druck wie im Ringraum 32 eingestellt, so dass etwa die erste und zweite Hydromaschine 22, 24 mit der gleichen Druckdifferenz beaufschlagt sind. Da keine Schwingungsbelastungen auf das Schrägseil 8 wirken, sind über die Kraftmessdose 40 keine Kraftände-
15 rungen messbar. Die Schwenkwinkel der Hydromaschinen 22, 24 befindet sich in ihrer Grundstellung, d.h. Schwenkwinkel = 0.

Im Schwingungszustand ($\text{Hub} \neq 0$) wirken infolge der
20 Schwingungen dynamische Kräfte im Schrägseil 8, wodurch das Gleichgewicht gestört ist. Dabei ist grundsätzlich zwischen Zug- und "Druck"-Beanspruchung zu unterscheiden. Da für die Dämpfungsregelung nur Abweichungen vom statischen Mittelwert relevant sind (die statischen Lasten
25 sind durch die Druckvorspannung bereits kompensiert), bedeutet Zugbeanspruchung im Folgenden, dass die im Schrägseil 8 wirkende - infolge Schwingung - erhöhte Zugbeanspruchung auf den Zylindermantel 18 bzw. das
30 Zylindergehäuse tendenziell zu einer Druckerhöhung im Zylinderraum 34 führt bzw. Hydraulikmedium von dort in den Hydrospeicher 42 verdrängt wird, während dies im Ringraum 32 zu einer Verringerung des Druckes führt. Hingegen bedeutet, dass die im Schrägseil 8 wirkende
35 Zugspannung unter die voreingestellte Zugspannung fällt. D.h. bei Zug bewegt sich der Zylindermantel 18 gemäß Figur 1 nach links und bei "Druck" nach rechts.

Die Kraftmessdose 40 erfaßt die auftretenden Zugspannungen, wobei in Abhängigkeit vom Signal der Kraftmessdose 40 die Fördervolumina der Hydromaschinen 22, 24 so
5 eingestellt werden, dass ein Hub des Zylindermantels 18 zugelassen wird. Druckmittel wird über die jeweilige Arbeitsleitung 36, 38 aus dem sich verkleinernden Druckraum 32, 34 verdrängt, wobei Druckmittel in den sich vergrößernden Druckraum 34, 32 über die eine Hydromaschine
10 ne 22, 24 nachgefördert (Pumpenfunktion) wird. Dabei wird die als Pumpe geschaltete Hydromaschine 22, 24 von der anderen Hydromaschine 24, 22 angetrieben (Motor).

Bei erhöhter Zugbeanspruchung im Schrägseil 8 bewegt
15 sich der Zylindermantel 18 in Figur 1 nach links, so dass der Zylinderraum 34 verkleinert und der Ringraum 32 vergrößert wird. Gleichzeitig sinkt der Druck im Ringraum 32 unter den voreingestellten Druck (beispielsweise < 100 bar), während der Druck im Zylinderraum 34 aufgrund
20 der ausgleichenden Wirkung des Hydrospeichers 42 im wesentlichen unverändert bleibt (beispielsweise 200 bar). Somit strömt Druckmittel aus dem Zylinderraum 34 über die zweite Hydromaschine 24 in den Ringraum 32, wobei die zweite Hydromaschine 24 von dem Druckmittelstrom angetrieben wird und als Hydromotor wirkt. Diese treibt dann
25 die erste Hydromaschine 22 an, so dass von dieser Druckmittel aus dem Tank 20 in den Ringraum 32 gefördert wird. Somit wirkt die erste Hydromaschine 22 als Pumpe. Da der Druckabfall über der zweiten Hydromaschine 24 größer als
30 der Druckabfall über der ersten Hydromaschine 22 ist, kann durch die zweite Hydromaschine 24 (Motor) mehr Leistung erzeugt werden, als für den Antrieb der ersten Hydromaschine 22 notwendig ist, so dass neben der ersten Hydromaschine 22 (Pumpe) noch ein weiterer Abnehmer
35 betrieben werden könnte. Dieser weitere Abnehmer ist erfindungsgemäß der Elektromotor 26, die in dieser Anord-

nung als Generator betrieben wird und somit die überschüssige hydraulische Energie der zweiten Hydromaschine 24 in elektrische Energie umwandelt bzw. als Bremse wirkt.

5

Somit wirkt bei Zugbeanspruchung des Schrägseils 8 die erste Hydromaschine 22 als Pumpe, die zweite Hydromaschine 24 als Motor für die erste Hydromaschine 22, und der Elektromotor 26 optional als Generator, wobei eine,
10 die Brückendeckschwingung dämpfende Bewegung des Zylindermantels 18, realisiert wird.

Bei Bewegung des Schrägseils 8 nach rechts bewegt sich der Zylindermantel 18 nach rechts, so dass der
15 Zylinderraum 34 vergrößert und der Ringraum 32 verkleinert wird. Der Druck im Ringraum 32 steigt an (beispielsweise > 100 bar), während der Druck im Zylinderraum 34 über den Hydrospeicher 42 konstant gehalten wird (beispielsweise 200 bar). Gleichzeitig strömt Druck-
20 mittel aus dem Ringraum 32 über die erste Hydromaschine 22 in den Tank 20, so dass diese von dem Druckmittelstrom angetrieben wird und als Hydromotor wirkt. Diese treibt dann die zweite Hydromaschine 24 an, so dass diese als Pumpe wirkt und Druckmittel aus dem Ringraum 32 in den
25 Zylinderraum 34 fördert. Dabei erzeugt die erste Hydromaschine 22 (Motor) mehr Leistung, als zum Antrieb der zweiten Hydromaschine 24 (Pumpe) erforderlich ist, so dass ein weiterer Abnehmer betrieben werden könnte. Dieser weitere Abnehmer ist erfindungsgemäß der Elektro-
30 motor 26, der in dieser Anordnung als Generator betrieben wird und somit die überschüssige hydraulische Energie der ersten Hydromaschine 22 in elektrische Energie umwandelt bzw. als Bremse wirkt.

35 Somit wirkt bei "Druckbeanspruchung" des Schrägseils 8 die erste Hydromaschine 22 als Motor für die zweite

Hydromaschine 24, die zweite Hydromaschine 24 als Pumpe, und der Elektromotor 26 optional als Generator, wobei eine, die Brückendeckschwingung dämpfende Bewegung des Zylindermantels 18, realisiert wird.

5

Dadurch ist erfindungsgemäß eine Dämpfungsvorrichtung 10 geschaffen, die im vorgespannten Zustand im wesentlichen ohne externe Energiezufuhr funktioniert. Sämtliche notwendige Energie zum Erhalt bzw. Ausgleich der Drücke kann entsprechend der erfindungsgemäßen Ausbildung der Dämpfungsvorrichtung 10 prinzipiell aus der Schwingungsenergie gedeckt werden.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform des Differentialzylinders 14 (Figur 3) ist der Hydrospeicher 42 nicht extern angeordnet, sondern im Differentialzylinder 14 mit seinem Speicher 64 integriert. Der Zylindermantel 18 ist bei dieser Ausführungsform verlängert und begrenzt den Speicher 64, der über eine Trennwand 46 vom Zylinderraum 34 getrennt ist. Zur Bereitstellung zusätzlichen Gasvolumens ist dieser mit externen Ausgleichsbehältern 68 verbunden. Die Trennwand 46 ist zylinderraumseitig mit dem Druck p_H in dem Zylinderraum 34 beaufschlagt, so dass diese je nach dem Verhältnis zwischen dem Gasdruck p_G und dem Druck p_H axial verschoben und der Druck p_H im Zylinderraum 34 entsprechend der Gesetzmäßigkeiten der Zustandsgrößen des Gases weitgehend konstant gehalten wird.

Eine derartige Anordnung des Hydrospeichers 42 ist besonders kompakt aufgebaut. Des Weiteren ist die Verrohrung einfach, da keine Druckmittelleitung zwischen dem Hydrospeicher 42 und dem Zylinderraum 34 notwendig ist.

Figur 4 zeigt eine bevorzugte Ausführungsform eines Differentialzylinders 14 mit einer erfindungsgemäßen

Abdichtung eines Ringraums 32 gegenüber einer Außenumgebung 62 und gegenüber einem Zylinderraum 34. Der Differentialzylinder 14 weist einen mehrteiligen Kolben 16 und einen Zylindermantel 18 auf. Der Differentialzylinder 14 hat am freien Endabschnitt 90 seines Kolbens 16 eine Aufnahme 72 zur Abstützung des Differentialzylinders 14 am Endwiderlager 12 und am Zylindermantel 18 eine Aufnahme 70 zur Befestigung eines Schrägseils 8.

10 Zur Messung des Hubes des Zylindermantels 18 hat der Differentialzylinder 14 eine Hubmesseinrichtung 76, die stirnseitig am Zylindermantel 18 angeordnet ist und mit dem Kolben 16 in Wirkverbindung steht. Dabei weist der Kolben 16 ein ringförmiges Element 66 auf, dass in Wirkverbindung mit einem am Zylindermantel 18 angeordneten stabförmigen Element 78 steht. Das ringförmige Element 66 ändert bei Hüben des Zylindermantels 18 seine Relativposition in Bezug zur Längsachse des stabförmigen Elements 78, so dass der Hub bestimmt werden kann und eine Positionsregelung der Dämpfungsvorrichtung 10 realisiert werden kann.

Der Ringraum 32 (Detail x) erstreckt sich radial zwischen einem Kolbenabschnitt 52 und einem gegenüberliegenden Zylindermantelabschnitt 112 und ist axial durch gegenüberliegende Stirnflächen 92, 94 einer am Zylindermantel 18 angeordnete Gleithülse 96 und einer auf dem im aufgenommenen Endabschnitt 98 des Kolbens 16 angeordneten Distanzhülse 100 begrenzt. Er ist über radiale Bohrungen 102, die in einen nicht dargestellten axialen Druckkanal münden, mit einem Druckanschluß 104 zum Anschluß der ersten Arbeitsleitung 36 bzw. der Hydromaschinen 22, 24 verbunden. Im Bereich der Gleithülse 96 ist im Zylindermantel 18 ein Leckanschluß 60 vorgesehen.

Der Zylinderraum 34 erstreckt sich radial über den gesamten Innendurchmesser des Zylindermantels 18 und ist axial durch gegenüberliegende Stirnflächen 86, 88 des Zylindermantels 18 und des Kolbens 16 begrenzt. Er ist
5 über einen im Kolben 16 angeordnete Druckhülse 106 mit einem Druckanschluß 108 zum Anschluß der zweiten Arbeitsleitung 38 bzw. der zweiten Hydromaschine 24 und des Hydrospeichers 42 verbunden.

10 Die erfindungsgemäße Abdichtung des Ringraums 32 gegenüber der Außenumgebung 62 und dem Zylinderraum 34 ist über Spaltdichtungen 48, 82 in Form von Ringspalten 58, 84 realisiert. Dabei ist der Ringspalt 58 zur Abdichtung des Ringraums 32 gegenüber der Außenumgebung 62 zwischen
15 der Innenumfangsfläche 54 der Gleithülse 96 und dem jeweiligen Außenumfangsabschnitt 50 des Kolbens 16 gebildet. Der Ringspalt 58 mündet in einen Leckanschluß 60. Der Ringspalt 84 zur Abdichtung des Ringraums 32 gegenüber dem Zylinderraum 34 ist zwischen der Außenumfangs-
20 fläche 52 der Distanzhülse 100 und dem jeweiligen gegenüberliegenden Innenumfangsabschnitt 112 des Zylindermantels 18 gebildet.

Um eine ausreichende Dichtheit und einen genügend
25 großen Druckabbau über die Ringspalte 58, 84 zu verwirklichen, sind diese radial entsprechend eng und axial entsprechend lang auszubilden.

Erfindungsgemäß sind jenseits des Leckanschlusses 60
30 radiale Dichtungselemente bzw. Abstreifer 80, 110 vorgesehen, die den Ringspalt 58 gegenüber der Außenumgebung 62 abdichten. Dabei sind aufgrund des geringen Druckgefälles zwischen dem Druck der Außenumgebung 62 und dem Druck des Druckmittels im Bereich des Leckanschlusses 60
35 nur Niederdruckdichtungen 80, 110 notwendig.

Neben dem Verzicht auf Hochdruckdichtungen zur Abdichtung des Ringraums 32 ist an den erfindungsgemäßen Spaltdichtungen 48, 82 besonders positiv, dass die Reibung zwischen gegenüberliegenden kolbenseitigen Flächen 50, 54 und zylindermantelseitigen Flächen 52, 56 reduziert ist, so dass ein derartiger Differentialzylinder 14 ein besseres Ansprechverhalten als vergleichbare Differentialzylinder 14 mit herkömmlichen Dichtungen aufweist.

10 Offenbart ist eine Dämpfungsvorrichtung, insbesondere für seilgetragene Bauwerke wie z. B. Schrägseilbrücken, Stadiondächer, abgespannte Türme mit einem Differentialzylinder, zwei Hydromaschinen und einem Elektromotor, bei der bei Dämpfung die eine Hydromaschine als Motor und die
15 zweite Hydromaschine als Pumpe wirkt, wobei überschüssige hydraulische Energie über den Elektromotor in elektrische Energie umwandelbar ist.

Bezugszeichenliste

	2	Schrägseilbrücke
	4	Fahrbahn
5	6	Hauptträger
	8	Schrägseil
	10	Dämpfungsvorrichtung
	12	Endwiderlager
	14	Differentialzylinder
10	16	Kolben
	18	Zylindermantel
	20	Tank
	22	erste Hydromaschine
	24	zweite Hydromaschine
15	26	Elektromotor
	28	Kolbenstange
	32	Ringraum
	34	Zylinderraum
	36	erste Arbeitsleitung
20	38	zweite Arbeitsleitung
	40	Kraftmessdose
	42	Hydrospeicher
	44	dritte Arbeitsleitung
	46	Trennwand
25	48	Spaltdichtung
	50	Außenumfangsabschnitt
	52	Außenumfangsfläche
	54	Innenumfangsabschnitt
	56	Innenumfangsabschnitt
30	58	Ringspalt
	60	Leckanschluß
	62	Außenumgebung
	64	Speicher
	66	ringförmiges Element
35	68	Ausgleichsbehälter
	70	Aufnahme

- 72 Aufnahme
- 74 Druckkanal
- 76 Hubmesseinrichtung
- 78 stabförmigen Element
- 5 80 Dichtungselement (Niederdruckdichtung)
- 82 Spaltdichtung
- 84 Ringspalt
- 86 Stirnfläche
- 88 Stirnfläche
- 10 90 freier Endabschnitt
- 92 Stirnfläche
- 94 Stirnfläche
- 96 Gleithülse
- 98 aufgenommener Endabschnitt
- 15 100 Distanzhülse
- 102 Bohrungen
- 104 Druckanschluß
- 106 Druckhülse
- 108 Druckanschluß
- 20 110 Dichtungselement
- 112 Zylindermantelabschnitt

Ansprüche

1. Dämpfungsvorrichtung, insbesondere für Schrägseil-
brücken (2), mit einem Differentialzylinder (14), ei-
nem Tank (20), zwei Hydromaschinen (22, 24), einem
Hydrospeicher (42) und einem den Hydromaschinen (22,
24) zugeordneten Elektromotor (26), dadurch gekenn-
zeichnet, dass eine Hydromaschine (22) im Druckmit-
telströmungspfad zwischen dem Tank (20) und einem
kolbestangenseitigen Ringraum (32) und die zweite Hy-
dromaschine (24) im Druckmittelströmungspfad zwischen
dem Ringraum (32) und einem Zylinderraum (34) ange-
ordnet ist.
2. Dämpfungsvorrichtung nach Patentanspruch 1, dadurch
gekennzeichnet, dass die Hydromaschinen (22, 24) je-
weils ein verstellbares Fördervolumen aufweisen.
3. Dämpfungsvorrichtung nach Patentanspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass der Elektromotor (26)
die Hydromaschinen (22, 24) antreibt.
4. Dämpfungsvorrichtung nach Patentanspruch 2, dadurch
gekennzeichnet, dass ein Druckaufnehmer zur Messung
eines im Ringraum (32) und/oder im Zylinderraum (34)
herrschenden Drucks zum Einstellen der Schwenkwinkel
bzw. Fördervolumina der Hydromaschinen (22, 24) vor-
gesehen ist.
5. Dämpfungsvorrichtung nach Patentanspruch 2, dadurch
gekennzeichnet, dass im Zylinderraum (34) und/oder im
Bereich des Hydrospeichers (42) ein Druckaufnehmer
zur Messung eines Speicherdrucks und der Speicherla-
dung des Hydrospeichers (42) und zur Anpassung an die
statische Last vorgesehen ist.

- 5 6. Dämpfungsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Elektromotor (26) über zumindest eine der Hydromaschinen (22, 24) antreibbar und somit als Generator nutzbar ist.
- 10 7. Dämpfungsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass im quasi statischen Zustand ein annähernd doppelt so hoher Druck im Zylinderraum (24) wie im Ringraum (22) herrscht.
- 15 8. Dämpfungsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Kolben (16) des Differentialzylinders (14) ortsfest gelagert und der Zylindermantel (18) des Differentialzylinders (14) axial verschiebbar geführt ist.
- 20 9. Dämpfungsvorrichtung nach einem der Patentansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Zylindermantel (18) des Differentialzylinders (14) ortsfest gelagert und der Kolben (16) des Differentialzylinders (14) axial verschiebbar geführt ist.
- 25 10. Dämpfungsvorrichtung nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Hydrospeicher (42) in dem Differentialzylinder (14) integriert ist.
- 30 11. Dämpfungsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Ringraum (32) gegenüber der Außenumgebung (62) und/oder gegenüber dem Zylinderraum (34) über eine Spaltdichtung (48, 82) abgedichtet ist.
- 35 12. Dämpfungsvorrichtung nach Patentanspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Spaltdichtung (48, 82) durch

einen Ringspalt (58, 84) zwischen kolbenseitigen Flächen (50, 54) und zylindermantelseitigen Flächen (52, 56) gebildet ist.

- 5 13. Dämpfungsvorrichtung nach Patentanspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Ringspalt (58) jenseits eines Leckanschlusses (60) über zumindest ein Dichtungselement (80, 110) gegenüber der Außenumgebung
- 10 (62) abgedichtet ist.

1/4

2

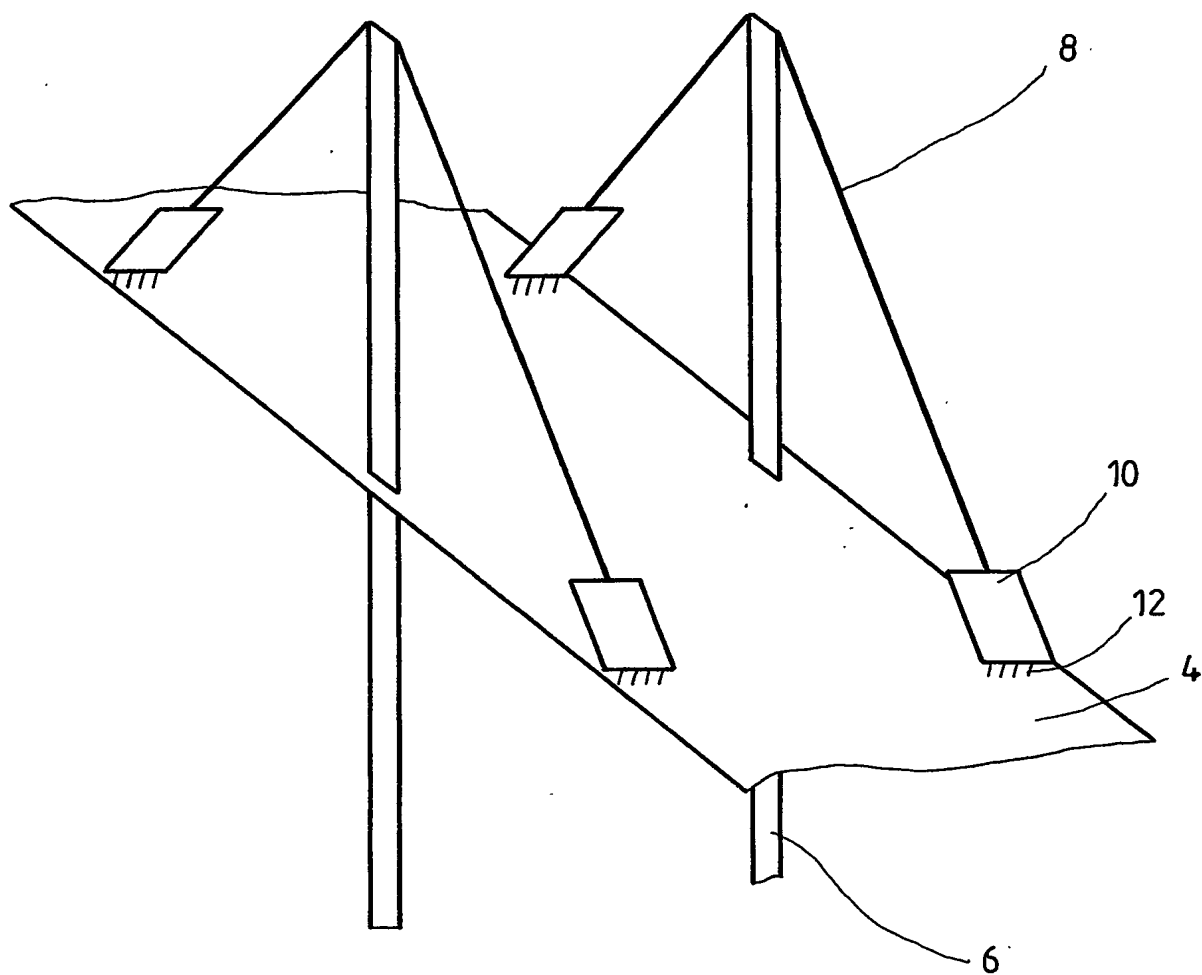


FIG.1

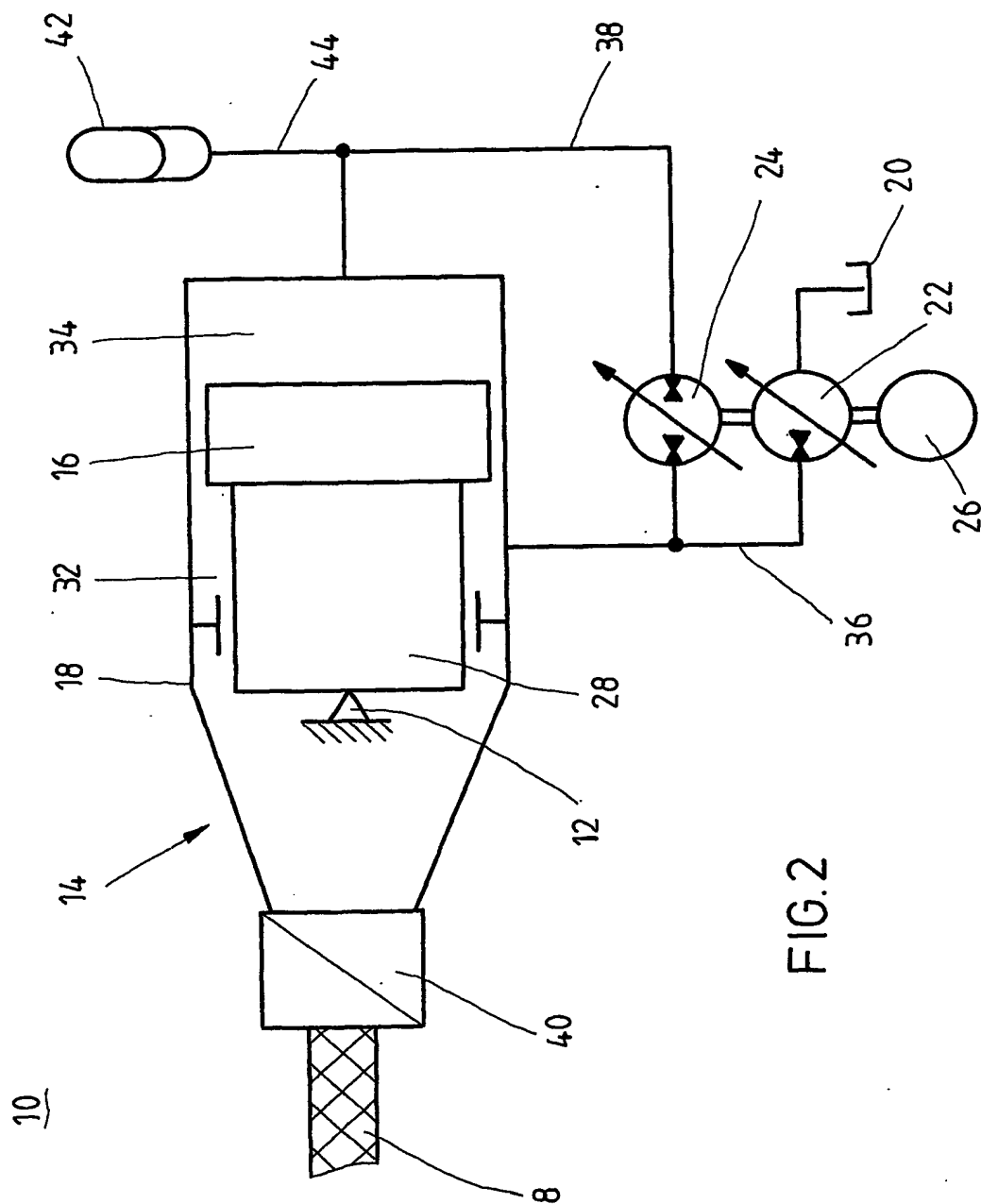
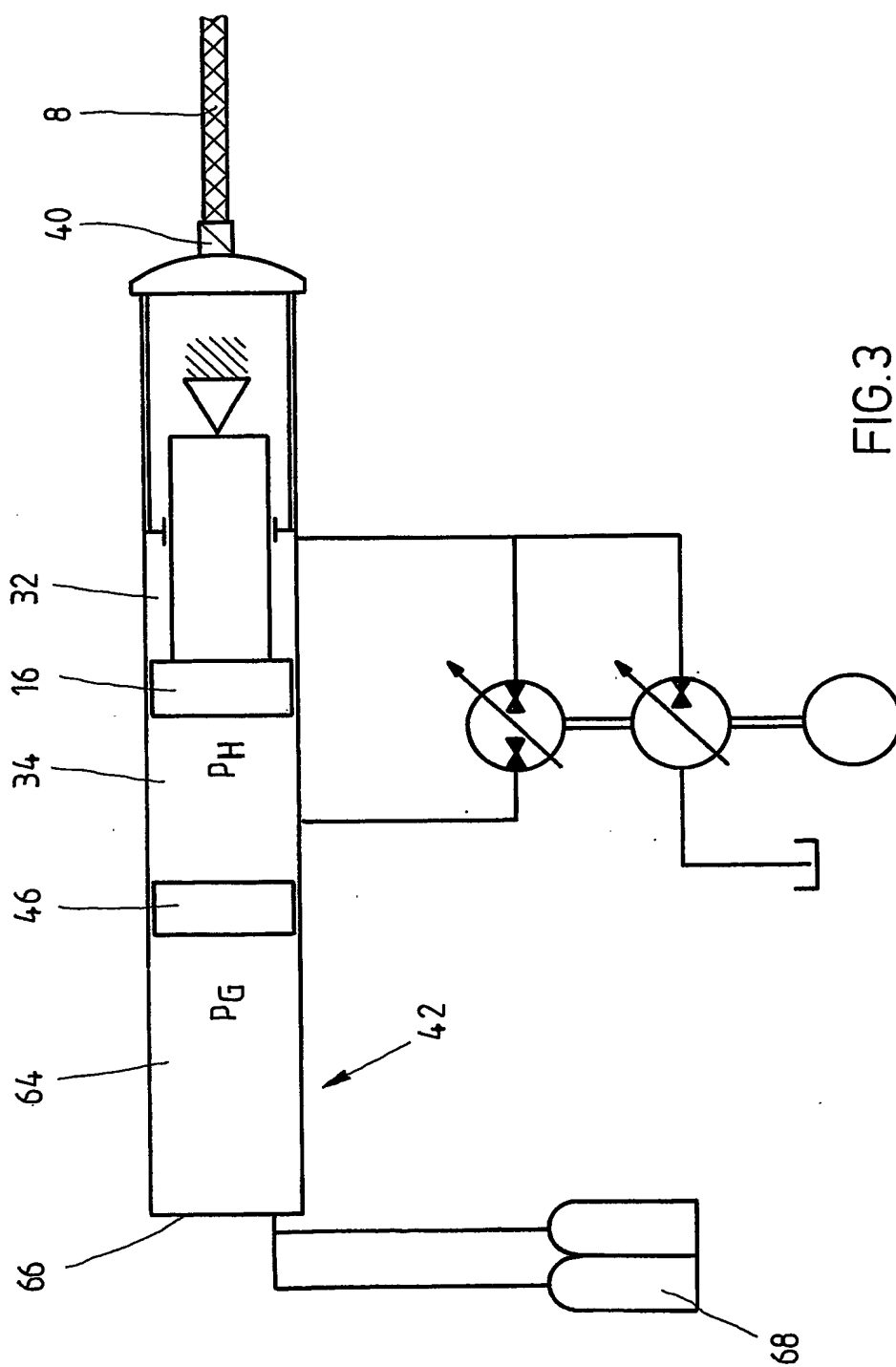


FIG.2



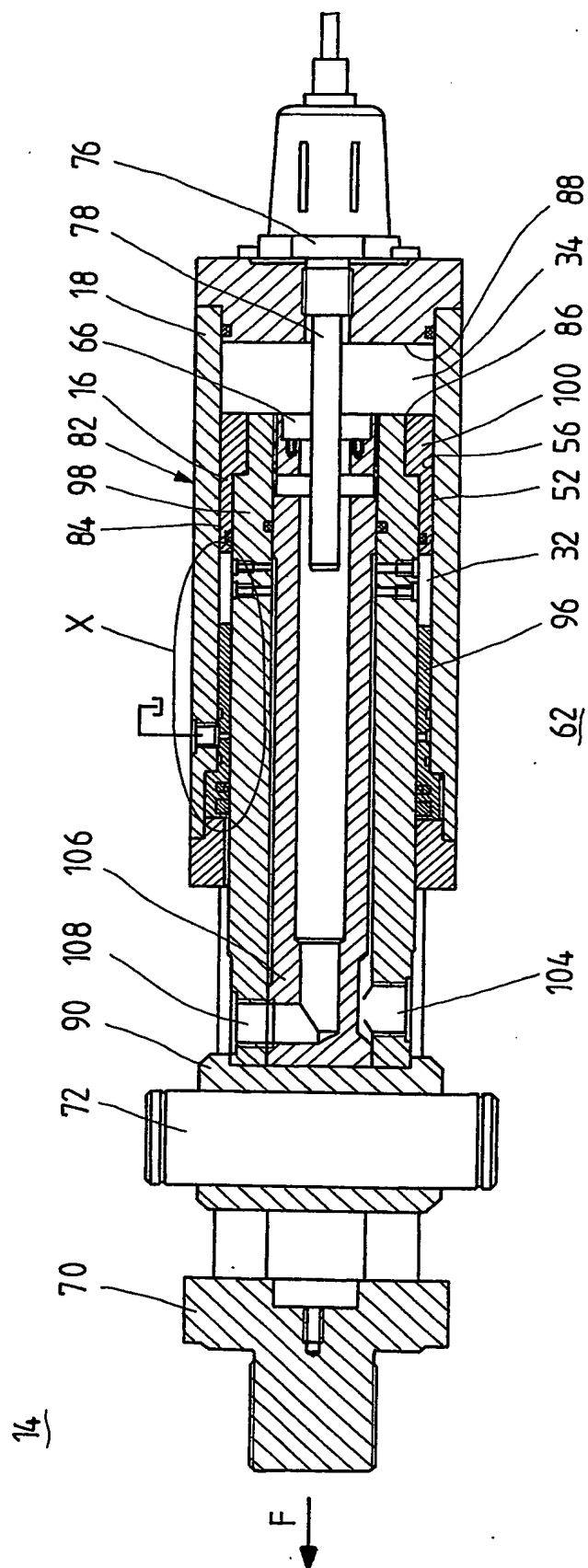
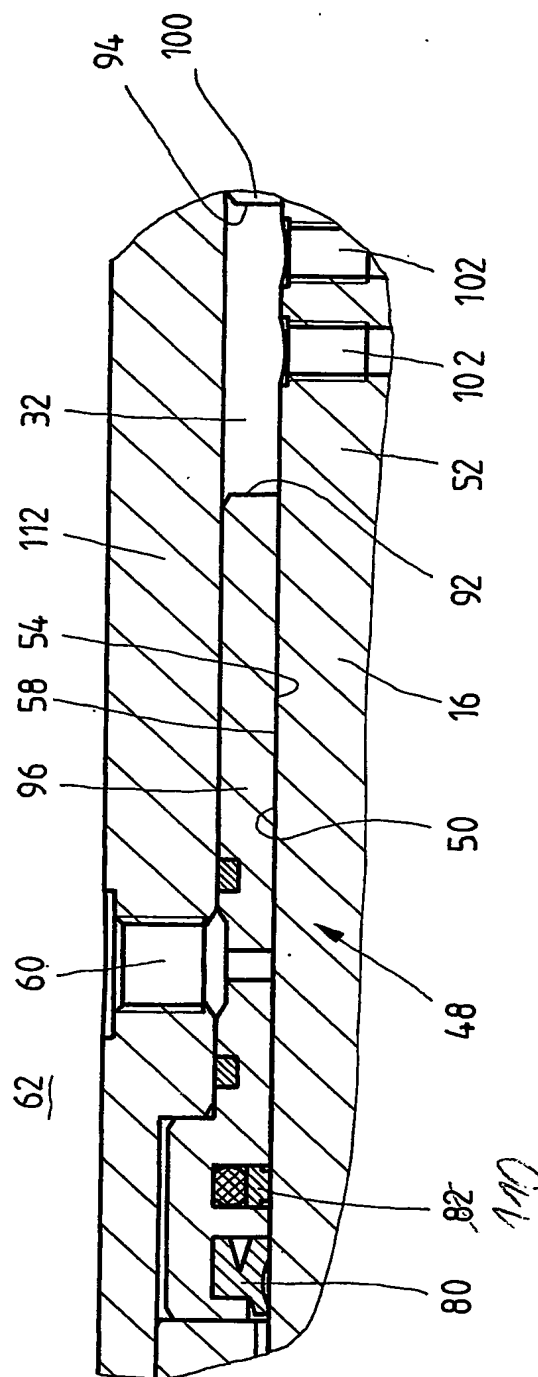


FIG. 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/JP03/03110

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC 7 E01D11/04 F15B11/17

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 IPC 7 F15B E02F E01D B66B B61B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 02/04820 A (SAOTOME YOSHIMI ; KOBELCO CONSTRUCTION MACHINERY (JP); YOSHIMATSU HIDE) 17 January 2002 (2002-01-17) figure 4	1-3, 6-9, 11, 12
A		4, 5, 10, 13
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 26, 1 July 2002 (2002-07-01) & JP 2001 241403 A (KAYABA IND CO LTD), 7 September 2001 (2001-09-07) abstract	1
A	US 3 259 932 A (PIERRE PATIN) 12 July 1966 (1966-07-12) figures	1
	----- -/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

15 January 2004

Date of mailing of the international search report

04/02/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Pö11, A

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/83/03110

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	FR 2 380 449 A (ORENSTEIN & KOPPEL AG) 8 September 1978 (1978-09-08) figures -----	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No.

PCT/03/03110

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 0204820	A	17-01-2002	JP 2002021807 A	23-01-2002
			JP 2002039110 A	06-02-2002
			WO 0204820 A1	17-01-2002
JP 2001241403	A	07-09-2001	NONE	
US 3259932	A	12-07-1966	FR 1360217 A	08-05-1964
			DK 111206 B	01-07-1968
			GB 1019492 A	09-02-1966
			NL 6402341 A	07-09-1964
FR 2380449	A	08-09-1978	DE 2706091 A1	17-08-1978
			AT 363747 B	25-08-1981
			AT 95178 A	15-01-1981
			BR 7800811 A	19-09-1978
			FR 2380449 A1	08-09-1978
			JP 53118681 A	17-10-1978
			NL 7801487 A	15-08-1978
			NO 780469 A	15-08-1978
			SE 7801531 A	13-08-1978

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 E01D11/04 F15B11/17

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 F15B E02F E01D B66B B61B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO-02/04820 A (SAOTOME YOSHIMI ; KOBELCO CONSTRUCTION MACHINERY (JP); YOSHIMATSU HIDE) 17. Januar 2002 (2002-01-17) Abbildung 4	1-3, 6-9, 11, 12
A		4, 5, 10, 13
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 2000, Nr. 26, 1. Juli 2002 (2002-07-01) & JP 2001 241403 A (KAYABA IND CO LTD), 7. September 2001 (2001-09-07) Zusammenfassung	1
A	US 3 259 932 A (PIERRE PATIN) 12. Juli 1966 (1966-07-12) Abbildungen	1
	-/-	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

15. Januar 2004

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

04/02/2004

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Pö11, A

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	FR 2 380 449 A (ORENSTEIN & KOPPEL AG) 8. September 1978 (1978-09-08) Abbildungen -----	1

INTERNATIONALER RESEARCHBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die derselben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/JP03/03110

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 0204820 A	17-01-2002	JP 2002021807 A JP 2002039110 A WO 0204820 A1	23-01-2002 06-02-2002 17-01-2002
JP 2001241403 A	07-09-2001	KEINE	
US 3259932 A	12-07-1966	FR 1360217 A DK 111206 B GB 1019492 A NL 6402341 A	08-05-1964 01-07-1968 09-02-1966 07-09-1964
FR 2380449 A	08-09-1978	DE 2706091 A1 AT 363747 B AT 95178 A BR 7800811 A FR 2380449 A1 JP 53118681 A NL 7801487 A NO 780469 A SE 7801531 A	17-08-1978 25-08-1981 15-01-1981 19-09-1978 08-09-1978 17-10-1978 15-08-1978 15-08-1978 13-08-1978